

POWERED BY **Dialog**

---

**DEFORMATION ACTUATOR**

**Publication Number:** 06-216424 (JP 6216424 A) , August 05, 1994

**Inventors:**

- TAKAHASHI TAKESHI

**Applicants**

- TOYOTA MOTOR CORP (A Japanese Company or Corporation), JP (Japan)

**Application Number:** 05-024774 (JP 9324774) , January 19, 1993

**International Class (IPC Edition 5):**

- H01L-041/09

**JAPIO Class:**

- 42.2 (ELECTRONICS--- Solid State Components)

**JAPIO Keywords:**

- R005 (PIEZOELECTRIC FERROELECTRIC SUBSTANCES)

**Abstract:**

**PURPOSE:** To downsize an apparatus and reduce the number of parts and further to obtain a large displacement by forming a strain element into a belt and then by helically winding the strain element to form a strain element bar.

**CONSTITUTION:** A piezoelectric actuator 1 is equipped with a hollow coil spring 3 and the surface of the coil spring 3 is wound by a beltlike piezoelectric element 5. The beltlike piezoelectric element 5 is helically wound on the surface of a hollow round bar constituting the coil spring 3 over the total length of the hollow round bar. Then, when an electric field is applied to the beltlike piezoelectric element 5, the piezoelectric element 5 is deformed in the longitudinal direction. The piezoelectric element 5 is helically wound on the hollow round bar of the coil spring 3 so that a force acts upon the hollow round bar in the winding direction of the round bar when the hollow round bar receives the deformation of the piezoelectric element 5. As a result, a torsion moment T is generated in the cross section of the coil spring 3 and the hollow round bar is wound into a coil so that the coil spring 3 generates a displacement 6 in the axial direction at the time of receiving the torsion moment T. (From: *Patent Abstracts of Japan*, Section: E, Section No. 1625, Vol. 18, No. 577, Pg. 63, November 04, 1994 )

**JAPIO**

© 2002 Japan Patent Information Organization. All rights reserved.

Dialog® File Number 347 Accession Number 4544524

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-216424

(43)公開日 平成6年(1994)8月5日

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>

H 0 1 L 41/09

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

9274-4M

H 0 1 L 41/ 08

J

審査請求 未請求 請求項の数 2 F D (全 5 頁)

(21)出願番号

特願平5-24774

(22)出願日

平成5年(1993)1月19日

(71)出願人 000003207

トヨタ自動車株式会社

愛知県豊田市トヨタ町1番地

(72)発明者 高橋 剛

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

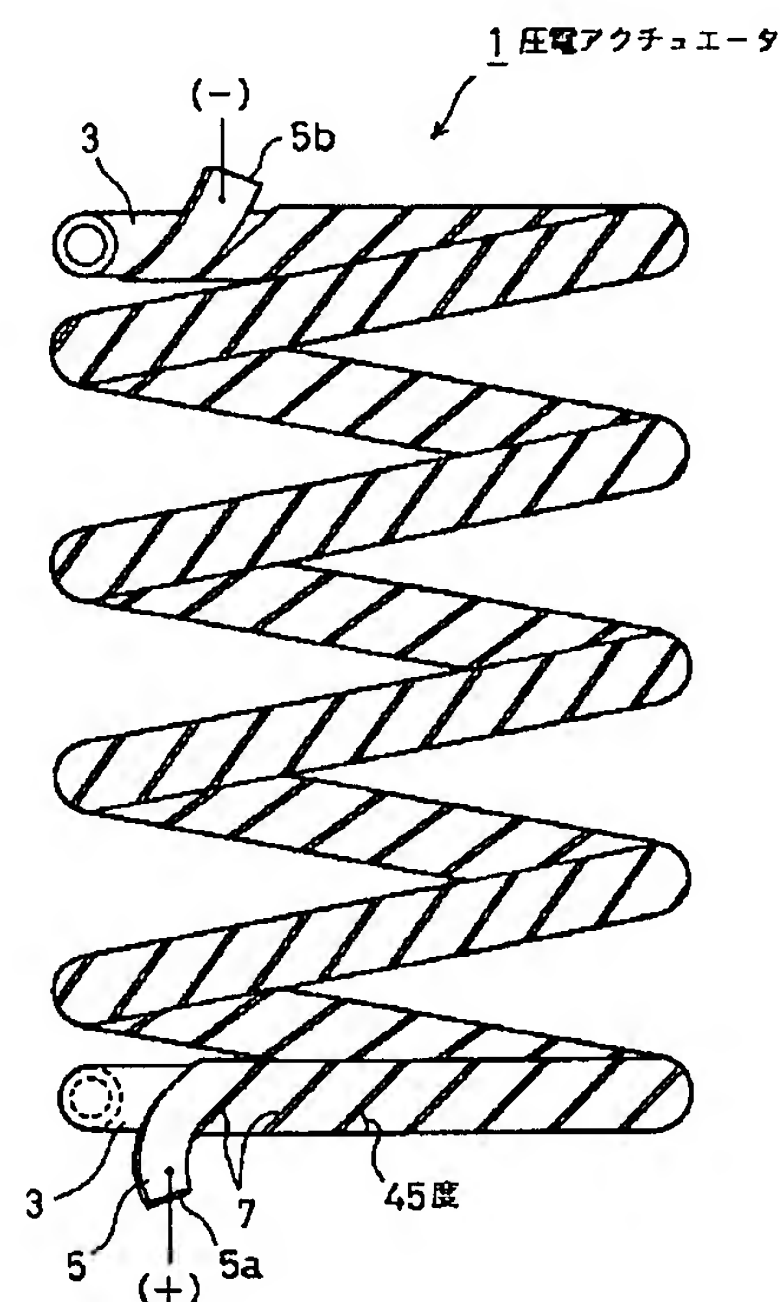
(74)代理人 弁理士 下出 隆史 (外1名)

(54)【発明の名称】 変形アクチュエータ

(57)【要約】

【目的】 小型で、部品点数が少なく、しかも、大きな変位を得る。

【構成】 圧電アクチュエータ1は、中空のコイルばね3を備えており、コイルばね3の表面に帯状の圧電素子5が巻回されている。帯状の圧電素子5は、PZTを材料としており、コイルばね3を構成する中空丸棒の全長に渡って、その表面に螺旋状に巻回されている。帯状の圧電素子5の両端に電場がかけられると、圧電素子5がその長手方向に変形し、コイルばね3の断面にねじりモーメントTが生じ、この結果、コイルばね3はその軸方向に変位 $\delta$ を生じる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 外部から電気、磁気等の力を受けて変形を生じる歪素子を備えた変形アクチュエータであって、前記歪素子を帯状とした上で螺旋状に巻回して歪素子棒を形成し、  
該歪素子棒をコイル形に巻回してなる変形アクチュエータ。

【請求項2】 歪素子が電歪素子である請求項1記載の変形アクチュエータ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】この発明は、電気、磁気等の力を受けて変形する変形アクチュエータに関する。

【0002】

【従来の技術】一般に、結晶体に電場をかけると歪が生じることはよく知られており、この現象（二次圧電効果）を生ずる圧電素子は様々なアクチュエータとして利用されている。ところで、圧電素子は微少な歪量（変位）しか得られないことから、アクチュエータとして利用するには、何等かの変位拡大の機構を備える必要がある。従来、こうした変位拡大機構としては、特開平4-25640号公報に示すように、てこの原理を応用した機械式拡大機構のものと、パスカルの原理を応用した液体式拡大機構のものとが知られている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、前記従来の機械式拡大機構を備えたアクチュエータ、および液体式拡大機構を備えたアクチュエータ共、圧電素子とは別体で変位拡大機構を構成することから、その変位拡大機構のスペースが必要となり、アクチュエータが大型化する問題があった。また、変位拡大機構の分だけ部品点数が増大する問題もあった。

【0004】さらに、両アクチュエータ共、応答性およびエネルギー損失等を考慮すると、設計上、それ程大きい拡大率を得ることができないといった問題があった。例えば、液体式拡大機構を備えたアクチュエータの場合、液体室を構成する圧電素子側のピストンと出力側のピストンとの面積比が拡大率となるが、この面積比は、応答性および流体損失等を考慮すると、無限に拡大率を稼ぐ方向に設計することができず、その拡大率はせいぜい10倍程度であった。

【0005】本発明は、こうした問題点に鑑みてなされたものであって、小型で、部品点数が少なく、しかも、大きな変位を得ることができる変形アクチュエータを提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】このような目的を達成すべく、前記課題を解決するための手段として、以下に示す構成をとった。

【0007】即ち、本発明の変形アクチュエータは、外

部から電気、磁気等の力を受けて変形を生じる歪素子を備えた変形アクチュエータであって、前記歪素子を帯状とした上で螺旋状に巻回して歪素子棒を形成し、該歪素子棒をコイル形に巻回してなることを、その要旨としている。この構成の変形アクチュエータにおいて、歪素子を電歪素子から構成してもよい。

【0008】

【作用】以上のように構成された本発明の変形アクチュエータでは、歪素子に電気、磁気等の力を与えると、歪素子に変形する。歪素子棒には歪素子が螺旋状に巻回されていることから、その歪素子の変形を受けて歪素子棒にねじりモーメントが生じる。さらに、歪素子棒はコイル形に巻回されていることから、そのねじりモーメントを受けてコイルの軸方向に変位を生じる。即ち、歪素子に電気、磁気等の力を与えると、そのコイルの軸方向に変位を生じる。

【0009】

【実施例】以上説明した本発明の構成・作用を一層明らかにするために、以下本発明の好適な実施例について説明する。図1は、本発明の一実施例としての圧電アクチュエータの正面図である。

【0010】図1に示すように、圧電アクチュエータ1は、中空のコイルばね3を備えており、コイルばね3の表面に帯状の圧電素子5が巻回されている。帯状の圧電素子5は、PZT（ジルコンチタン酸鉛）を材料としており、コイルばね3を構成する中空丸棒の全長に渡って、その表面に螺旋状に巻回されている。詳しくは、圧電素子5は、その中空丸棒の軸方向に対して45度の傾きをもって所定の間隙を明けつつ螺旋状に巻かれている。圧電素子5はその巻かれた状態でコイルばね3の表面に接着剤で固着されており、さらに、その巻回されて生じた間隙には絶縁材7が塗布されている。

【0011】なお、図2に、コイルばね3を構成する中空丸棒の断面図を示したが、同図からも中空丸棒の表面に圧電素子5が巻回されていることがわかる。

【0012】さらに、図1に示すように、帯状の圧電素子5の一端5aには、プラス（+）の電極が、圧電素子5の他端5bには、マイナス（-）の電極がそれぞれ接続されており、両電極から圧電素子5に電場がかけられる。こうして圧電素子5に電場がかけられたときの圧電アクチュエータ1の作用を次に説明する。

【0013】帯状の圧電素子5に電場がかけられると、圧電素子5がその長手方向に変形する。コイルばね3の中空丸棒には圧電素子5が螺旋状に巻回されていることから、その圧電素子5の変形を受けて中空丸棒にはその巻き方向（中空丸棒の軸方向に対して45度の角度）に力が働く。この結果、コイルばね3の断面にはねじりモーメントTが生じ、中空丸棒はコイル形に巻回されていることから、そのねじりモーメントTを受けてコイルばね3はその軸方向に変位 $\delta$ を生じる。

【0014】このコイルばね3の変位 $\delta$ は、次のようにして求められる。図3に示すコイルばね3の断面について調べると、ねじれ角 $d\theta$ は次式にて示される。

【数1】

$$d\theta = \frac{T dl}{G I_p}$$

ただし、 $G$ ：横弾性係数、 $I_p$ ：軸心に対する断面二次極モーメント

【0015】ここで、コイルばね3が中空丸棒であることから $I_p$ は次式にて示される。

【数2】

$$I_p = \frac{\pi}{32} (d_1^4 - d_2^4)$$

ただし、 $d_1$ ：コイルばね3を構成する中空丸棒の外径、 $d_2$ ：その内径

【0016】一方、ばね1巻についての変位量 $d\delta$ は次式にて示される。

【数3】

ただし、 $R$ ：平均有効半径  $d\delta = R d\theta$

【0017】数3に数1及び数2を代入して、ばね1巻についての変位量 $d\delta$ を求める。

【数4】

$$\begin{aligned} d\delta &= \frac{R T dl}{G I_p} \\ &= \frac{32 R T dl}{\pi G (d_1^4 - d_2^4)} \end{aligned}$$

【0018】また、ばね1巻についての長さ $L = 2\pi R$ であることから、ばね1巻についての変位量 $d\delta$ を求める。

【数5】

$$\begin{aligned} d\delta &= \frac{64 n T R^2}{G (d_1^4 - d_2^4)} \\ &= \frac{64 \pi R^3 T}{G (d_1^4 - d_2^4)} \end{aligned}$$

【0019】したがって、コイルばね3の巻数は $n$ であるから、コイルばね3の全変位 $\delta$ は次式にて示される。

【数6】

$$\delta = \frac{64 n R^3 T}{G (d_1^4 - d_2^4)}$$

即ち、コイルばね3は、その断面にねじりモーメント $T$ を加えると、その軸方向に上記数式6で示される変位 $\delta$ が生じることがわかる。

【0020】以上詳述してきた圧電アクチュエータ1

は、圧電素子5そのもので変位拡大機構を構成することから、従来例のような変位拡大機構を特別に設ける必要もない。このため、アクチュエータ自身を小型化することができ、また、部品点数を削減することができる。さらに、圧電アクチュエータ1は、従来例に比べてはるかに大きな変位を得ることができるが、どれ程大きな変位を得ることができるかを例を挙げて次に説明する。

【0021】本実施例の圧電アクチュエータ1では、コイルばね3の巻き数 $n$ が5で、有効半径 $R$ およびコイルばね3を構成する中空丸棒の外径 $d_1$ が、それぞれ20 [mm]、10 [mm]であり、さらに、圧電素子5のコイルばね3への巻き幅が20 [mm]とすると、変位 $\delta$ は以下のようにして求めることができる。

【0022】コイルばね3の1巻当たりの圧電素子5の巻き数は、その巻き幅が20 [mm]であることから、 $40\pi / 20 = 2\pi \approx 6.3$  [巻]となる。

【0023】また、圧電素子5の中空丸棒への1巻当たりの長さ（長手方向の長さ）は、巻き方向が中空丸棒の軸方向に対して45度の角度であることから、 $2\pi \cdot d_1 / 2 \cdot \sqrt{2} = 2\pi \cdot 10 / 2 \cdot \sqrt{2} = 10\pi\sqrt{2} \approx 44$  [mm]となる。

【0024】圧電素子5の伸び率を0.001とすると、圧電素子5の中空丸棒への1巻当たりの長さの伸びは、 $44 \times 0.001 = 0.044$  [mm]となり、その伸びの際のねじれ角 $d\theta$ は、次のようになる。

【数7】

$$\begin{aligned} d\theta &= \sin^{-1} \frac{0.044}{5} \\ &= \text{約 } 0.5 \text{ [deg]} \end{aligned}$$

【0025】よって、圧電素子5の1巻当たりで得られるコイルばね3の変位は、 $\sin(0.5) \times 2 \times R = 0.35$  [mm]となる。また、コイル1巻当たりの圧電素子5の巻き数は、約6.3 [巻]であることから、コイル1巻当たりで得られるコイルばね3の変位は、 $0.35 \times 6.3 \approx 2.2$ となる。

【0026】したがって、コイルばね3の巻き数は5であることから、圧電アクチュエータ1全体の変位 $\delta$ は、 $2.2 \times 5 \approx 11$  [mm]となる。

【0027】これに対して、従来例の場合、液体式拡大機構を例に挙げると、その拡大率はせいぜい10倍程度

であることから、圧電素子5の変位が例えば、50 [ $\mu$ m] とすると、せいぜい500 [ $\mu$ m] (=0.5 [mm]) の変位が得られるに過ぎない。従って、圧電アクチュエータ1は、従来例に比べて20倍余りも大きな変位を得ることができる。

【0028】なお、こうした構成の圧電アクチュエータ1は、例えば、自動車用エンジンのマウントに用いることができ、防震装置としての役目を果たす。また、自動車用サスペンションのショックアブソーバとしても用いることができ、アクティブな制御を行なうことができる。

【0029】前記実施例では、帯状の圧電素子5は、コイルばね3を構成する中空丸棒を芯にして巻回されているが、これに換えて、図4に示すように、中空丸棒をなくして帯状の圧電素子5そのもので中空丸棒、即ちコイルばね3を構成するように構成してもよい。この構成により、前記実施例と同様な効果を奏することができる。特に、圧電素子5を巻回する芯が不要となったことで、部品点数をより削減することができる。

【0030】また、前記実施例においては、コイルばね3を中空丸棒としたが、これに替えて、中実丸棒としてもよく、前記実施例と同一の効果を奏することができる。さらに、コイルばね3の断面を円形に替えて、楕円形または多角形として、これらコイルばねに圧電素子5を巻回する構成としてもよい。

【0031】前記実施例では、圧電素子5のコイルばね3への巻回角度を、コイルばね3を構成する中空丸棒の軸方向に対して45度の角度としていたが、必ずしも、この角度に限るものではない。45度といった角度は、コイルばね3の断面に最も効率的にねじりモーメントTが発生する角度であるが、ねじりモーメントが発生する角度であれば、40度、35度等の角度であってもよい。

【0032】さらに、前記実施例では、歪素子として圧電素子を用いていたが、これに替えて、磁場を受けて変形する磁歪素子を用いる構成としてもよく、同様に、小

型化、部品点数の削減、変位の拡大を図ることができる。

【0033】以上、本発明の実施例を詳述してきたが、本発明は、こうした実施例に何等限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲において種々なる態様にて実施することができるのは勿論のことである。

【0034】

【発明の効果】以上説明したように本発明の変形アクチュエータは、歪素子そのもので変位拡大機構を構成することから、従来例のような変位拡大機構を特別に設ける必要がない。このために、アクチュエータ自身を小型化することができ、また、部品点数を削減することができる。さらに、従来例に比べて大きな変位を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例としての圧電アクチュエータの正面図である。

【図2】コイルばね3を構成する中空丸棒の断面図である。

【図3】コイルばね3の変位 $\delta$ の算出に用いる説明図である。

【図4】本発明の他の実施例を示すコイルばねの断面図である。

【符号の説明】

1…圧電アクチュエータ

3…コイルばね

5…圧電素子

5a…一端

5b…他端

7…絶縁材

R…有効半径

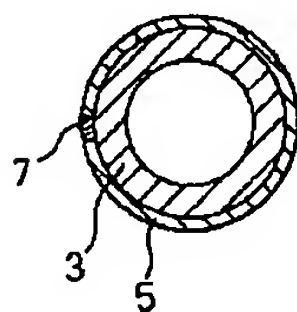
T…ねじりモーメント

d $\delta$ …変位量

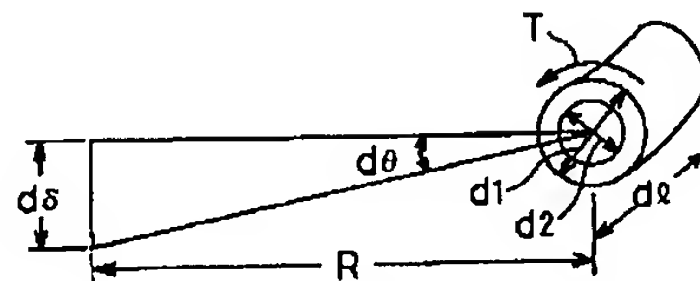
d $\theta$ …ねじれ角

$\delta$ …変位

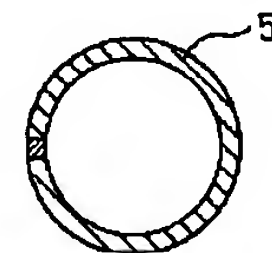
【図2】



【図3】



【図4】





【図1】

